

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

**КОНТРОЛЬНІ ЗАДАЧІ
ТА МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для самостійної роботи
за курсом «Загальна хімічна технологія»

Затверджено
редакційно-видавничою
радою університету,
протокол № 3 від 22.12.2016 року

Харків
НТУ «ХПІ»
2017

Методичні вказівки для рішення задач за курсом «Загальна хімічна технологія» на практичних заняттях та для самостійної роботи студентів хімічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: Биканов С.М., Пономаренко Г.В. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – 28 с.

Укладачі: С.М. Биканов
Г.В. Пономаренко

Рецензент: проф. Шапорєв В.П.

Кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів

Вступ

Наведені методичні вказівки призначені для використання на практичних заняттях та для самостійної роботи студентів під час вивчення дисципліни «Загальна хімічна технологія» (ЗХТ). Метою їх використання є забезпечення глибокого засвоєння теоретичного матеріалу та розвитку практичних навиків рішення різноманітних задач по організації, розрахунку та оцінюванню проведення хімічних реакцій.

У кожному розділі наведені умови задач за відповідною тематикою для самостійного рішення з відповідями для самоконтролю.

Самостійна робота над рішенням кожної задачі повинна включати виконання наступних загальних етапів: 1) ознайомлення з постановкою задачі; 2) ознайомлення з відповідними теоретичними розділами курсу ЗХТ, які необхідні для розв'язання задачі; 3) рішення задачі; 4) аналіз отриманих результатів; 5) викладення змісту проведеної роботи.

ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

1. Прочитати умови задачі. Засвоїти суть загального питання.
2. Визначити теоретичний розділ курсу, що лежить в основі задачі, за необхідністю проробити його.
3. Скласти необхідні для рішення задачі рівняння та вирішити їх.
4. Перевірити відповідність отриманих результатів відомим закономірностям.
5. Навести отримані відповіді та висновки.

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Для рішення задач за цим розділом слід вивчити теоретичний матеріал [1, с.22-29; 2, с.26, 31-35; 3, с.26, 30-34].

П р и к л а д 1. Для реакції $2\text{NF}_3 + 3\text{H}_2\text{O} = \text{N}_2\text{O}_3 + 6\text{HF}$, що проводиться за начального мольного співвідношення реагентів $n_{0\text{NF}_3} : n_{0\text{H}_2\text{O}} = 1 : 2,3$ ступінь перетворення (конверсії) речовини NF_3 склала $x_{\text{NF}_3} = 0,6$. Необхідно розрахувати мольний склад реакційної суміші, ступінь перетворення H_2O та вихід продукту обох продуктів реакції за кожним реагентом, якщо початкова кількість речовини А склала $n_{0\text{NF}_3} = 40 \text{ моль}$.

Рішення

Для зручності запису формалізуємо умови задачі:

$2\text{A} + 3\text{B} = \text{R} + 6\text{S}$	
Дано:	Отже, для реакції:
$n_{\text{A}0} : n_{\text{B}0} = 1 : 2,3;$	$2\text{A} + 3\text{B} = \text{R} + 6\text{S}$
$x_{\text{A}} = 0,6;$	1) Визначаємо початкову кількість реагенту В:
$n_{\text{A}0} = 40 \text{ моль}$	$\frac{n_{\text{A}0}}{n_{\text{B}0}} = \frac{1}{2,3}$
$n_{\text{A}}; n_{\text{B}}; n_{\text{R}}; n_{\text{S}}; x_{\text{B}};$ $\Phi_{\text{R(A)}}; \Phi_{\text{R(B)}}; \Phi_{\text{S(A)}}; \Phi_{\text{S(B)}}. - ?$	$n_{\text{B}0} = n_{\text{A}0} \cdot 2,3 = 92 \text{ моль}$

2) Визначаємо кількість реагенту А, що залишився:

$$n_{\text{A}} = n_{\text{A}0} \cdot (1 - x_{\text{A}}) = 40 \cdot (1 - 0,6) = 16 \text{ моль}$$

3) Визначаємо кількість реагенту А, що прореагував:

$$n_{\text{A}0} - n_{\text{A}} = 40 - 16 = 24 \text{ моль}$$

4) Визначаємо кількість отриманого продукту R. За стехіометрією реакції:

3 2 моль речовини А, що прореагувала, отримується 1 моль продукту R.

3 24 моль – x моль.

$$x = \frac{24 \cdot 1}{2} = 12 \text{ моль}; \quad n_{\text{R}} = 12 \text{ моль}.$$

5) Визначаємо кількість отриманого продукту S. За стехіометрією реакції:

3 2 моль речовини А, що прореагувала, отримується 6 моль продукту S.

3 24 – x моль.

$$x = \frac{24 \cdot 6}{2} = 72 \text{ моль}; \quad n_{\text{S}} = 72 \text{ моль}$$

6) Визначаємо кількість реагенту В, що залишився після реакції:

а) кількість реагенту В, що прореагувала, визначаємо за стехіометрією реакції:

3 2 моль речовини А реагує 3 моль речовини В.

3 24 моль – x моль.

$$x = \frac{24 \cdot 3}{2} = 36 \text{ моль} \quad - \text{кількість реагенту В, що прореагувала.}$$

6) Кількість реагенту В, що залишилася:

$$n_B = n_{B0} - 36 = 92 - 36 = 56 \text{ моль}$$

Мольний склад реакційної суміші (n_B , n_R , n_S) можна також визначити виходячи з рівняння матеріального балансу реакції. Матеріальний баланс реакції – це викладені вище пропорції, які засновані на стехіометрії реакції.

$$\boxed{\frac{n_{A0} - n_A}{\nu_A} = \frac{n_{B0} - n_B}{\nu_B} = \frac{n_R}{\nu_R} = \frac{n_S}{\nu_S}} \quad - \text{матеріальний баланс реакції.}$$

З матеріального балансу реакції знайдемо мольний склад реакційної суміші (n_B , n_R , n_S):

$$n_R = (n_{A0} - n_A) \frac{\nu_R}{\nu_A} = (40 - 16) \frac{1}{2} = 12 \text{ моль};$$

$$n_S = (n_{A0} - n_A) \frac{\nu_S}{\nu_A} = (40 - 16) \frac{6}{2} = 72 \text{ моль};$$

$$\frac{40 - 16}{2} = \frac{92 - n_B}{3}; \quad n_B = 56 \text{ моль};$$

7) Ступінь перетворення реагенту В:

$$x_B = \frac{n_{B0} - n_B}{n_{B0}} = \frac{92 - 56}{92} = 0,391$$

8) Вихід продукту R за речовиною А:

$$\Phi_{R(A)} = \frac{\nu_A}{\nu_R} \cdot \frac{n_R}{n_{A0}} = \frac{2}{1} \cdot \frac{12}{40} = 0,6$$

9) Вихід продукту S за речовиною А:

$$\Phi_{S(A)} = \frac{\nu_A}{\nu_S} \cdot \frac{n_S}{n_{A0}} = \frac{2}{6} \cdot \frac{72}{40} = 0,6$$

10) Вихід продукту R за речовиною В:

$$\Phi_{R(B)} = \frac{\nu_B}{\nu_R} \cdot \frac{n_R}{n_{B0}} = \frac{3}{1} \cdot \frac{12}{92} = 0,391$$

11) Вихід продукту S за речовиною В:

$$\Phi_{S(B)} = \frac{\nu_B}{\nu_S} \cdot \frac{n_S}{n_{B0}} = \frac{3}{6} \cdot \frac{72}{92} = 0,391$$

12) Перевірка. Для реакції, що розглядається, ступінь перетворення реагенту повинен співпадати з виходом продукту за цим реагентом. Дійсно:

$$\Phi_{R(A)} = \Phi_{S(A)} = x_A = 0,6; \quad \Phi_{R(B)} = \Phi_{S(B)} = x_B = 0,391$$

Відповідь: $n_A = 16$; $n_B = 56$; $n_R = 12$; $n_S = 72$ моль;

$$\Phi_{R(A)} = \Phi_{S(A)} = x_A = 0,6; \quad \Phi_{R(B)} = \Phi_{S(B)} = x_B = 0,391.$$

П р и к л а д 2. Для послідовної реакції $A \rightarrow R \rightarrow S$ необхідно визначити інтегральну та диференційну селективність за продуктом R, вихід цього продукту та загальний ступінь перетворення реагенту A, якщо через деякий час після початку реакції в реакційній суміші виявили концентрацію реагенту A: $c_A = 0,22$ кмоль/м³, концентрацію продуктів реакції: $c_R = 0,57$ кмоль/м³; $c_S = 0,24$ кмоль/м³. Співвідношення констант швидкості склало $k_2/k_1 = 0,2$.

Рішення.

Для зручності запису формалізуємо умови задачі:

Дано:	1) Визначимо початкову концентрацію реагенту c_{A0} .
$c_A = 0,22$ кмоль/м ³	Оскільки за стехіометрією реакції: $v_A = v_R = v_S = 1$, то:
$c_R = 0,57$ кмоль/м ³	$c_{A0} = c_A + c_R + c_S = 0,22 + 0,57 + 0,24 = 1,03 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3}$
$c_S = 0,24$ кмоль/м ³	
$k_2/k_1 = 0,2$	2) Вихід продукту R:
$S_R \quad S_R' \quad \Phi_{R(A)} \quad x_A \quad - \quad ?$	

$$\Phi_{R(A)} = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{n_R}{n_{A0}} = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{c_R}{c_{A0}} = \frac{1}{1} \cdot \frac{0,57}{1,03} = 0,553$$

3) Інтегральна (загальна) селективність продукту R:

$$S_R = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{n_R}{(n_{A0} - n_A)} = \frac{v_A}{v_R} \cdot \frac{c_R}{(c_{A0} - c_A)} = \frac{1}{1} \cdot \frac{0,57}{(1,03 - 0,22)} = 0,704$$

4) Загальний ступінь перетворення реагенту A:

$$X_A = \frac{c_{A0} - c_A}{c_{A0}} = \frac{1,03 - 0,22}{1,03} = 0,786$$

5) Диференційна (миттєва) селективність продукту R:

$$S' = \frac{W_R}{W_R + W_S} = \frac{k_1 \cdot c_A - k_2 \cdot c_R}{(k_1 \cdot c_A - k_2 \cdot c_R) + (k_2 \cdot c_R)} = \frac{k_1 \cdot c_A - k_2 \cdot c_R}{k_1 \cdot c_A} =$$

$$= 1 - \frac{k_2 \cdot c_R}{k_1 \cdot c_A} = 1 - 0,2 \cdot \frac{0,57}{0,22} = 0,482$$

6) Перевірка.

Для складних реакцій повинно виконуватися співвідношення:

$$\Phi_R = S_R \cdot x_A.$$

Дійсно:

$$\Phi_R = S_R \cdot x_A$$

$$0,553 = 0,704 \cdot 0,786$$

$$0,553 = 0,553$$

Відповідь: $\Phi_{R(A)} = 0,553$; $S_R = 0,704$; $x_A = 0,786$; $S' = 0,482$.

Задачі для самостійного рішення

Задача 1.

Для реакції типу $\nu_A A + \nu_B B \rightarrow \nu_R R + \nu_S S$, що проводиться за початкового мольного співвідношення реагентів $n_{A0} : n_{B0}$, рівноважний ступінь перетворення (конверсії) речовини А склала x_A . Необхідно розрахувати мольний склад реакційної суміші та вихід продуктів R та S за кожним реагентом, якщо початкова кількість речовини А склала n_{A0} (моль).

№	Реакція	n_{A0}/n_{B0}	n_{A0} , МОЛЬ	x_A
1	$2C_4H_{10} + 5O_2 = 4CH_3COOH + 2H_2O$	1:4	$n_{0\ C_4H_{10}} = 80$	$x_{C_4H_{10}}=0,95$
2	$CS_2 + 4H_2 = 2H_2S + CH_4$	1:7	$n_{0\ CS_2} = 48$	$x_{CS_2}=0,75$
3	$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$	1:3,5	$n_{0\ NH_3} = 70$	$x_{NH_3}=0,84$
4	$2ZnS + 3O_2 = ZnO + 2SO_2$	1:3	$n_{0\ ZnS} = 70$	$x_{ZnS}=0,9$
5	$4NH_3 + 5O_2 = 4NO + 6H_2O$	1:1,1	$n_{0\ NH_3} = 36$	$x_{NH_3}=0,55$
6	$2NH_4OH + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4 + 2H_2O$	2,4:1	$n_{0\ NH_4OH} = 54$	$x_{NH_4OH}=0,6$
7	$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 6H_2O$	1,7:1	$n_{0\ NH_3} = 52$	$x_{NH_3}=0,45$
8	$Fe_3O_4 + 4H_2 = 3Fe + 4H_2O$	1:3,2	$n_{0\ Fe_3O_4} = 50$	$x_{Fe_3O_4}=0,7$
9	$3FeS_2 + 8O_2 = Fe_3O_4 + 6SO_2$	1:2,5	$n_{0\ FeS_2} = 80$	$x_{FeS_2}=0,88$
10	$2Fe(OH)_3 + 3H_2S = FeS_3 + 6H_2O$	1:1,2	$n_{0\ Fe(OH)_3} = 30$	$x_{Fe(OH)_3}=0,7$
11	$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$	1:3	$n_{0\ FeS_2} = 60$	$x_{FeS_2}=0,9$
12	$3MgCl_2 + 2Na_3PO_4 = Mg_3(PO_4)_2 + 6NaCl$	1:2	$n_{0\ MgCl_2} = 50$	$x_{MgCl_2}=0,96$
13	$CH_4 + H_2O = CO + 3H_2$	1:1,2	$n_{0\ CH_4} = 45$	$x_{CH_4}=0,7$
14	$CH_4 + 0,5O_2 = CO + 2H_2$	1,5:1	$n_{0\ CH_4} = 30$	$x_{CH_4}=0,65$
15	$3Al(OH)_3 + 12HF = 2H_3AlF_6 + 6H_2O$	1:5	$n_{0\ Al(OH)_3} = 20$	$x_{Al(OH)_3}=0,8$
16	$CaO + 3C = CaC_2 + CO$	1:4	$n_{0\ CaO} = 45$	$x_{CaO}=0,8$
17	$3NO_2 + H_2O = 2HNO_3 + NO$	2:1	$n_{0\ NO_2} = 60$	$x_{NO_2}=0,95$
18	$2H_3AlF_6 + 3Na_2CO_3 = 3Na_3AlF_6 + 3CO_2 + 3H_2O$	1:1,4	$n_{0\ H_3AlF_6} = 40$	$x_{H_3AlF_6}=0,85$
19	$2CH_4 = C_2H_2 + 3H_2$	—	$n_{0\ CH_4} = 75$	$x_{CH_4}=0,56$
20	$P_4 + 5O_2 = 2P_2O_5$	1:10	$n_{0\ P_4} = 5$	$x_{P_4}=0,8$

Відповіді до задачі 1.

№ вар	n_A	n_B	n_R	n_S	$\Phi_{R(A)}$	$\Phi_{S(A)}$	$\Phi_{R(B)}$	$\Phi_{S(B)}$
1	4	130	152	76	0,95	0,95	0,59	0,59
2	12	192	72	36	0,75	0,75	0,423	0,423
3	11,2	171,5	58,8	88,2	0,84	0,84	0,3	0,3
4	7	115,5	31,5	63	0,9	0,9	0,45	0,45
5	16,2	14,85	19,8	29,7	0,55	0,55	0,63	0,63
6	21,6	6,3	16,2	32,4	0,6	0,6	0,72	0,72
7	28,6	13	11,7	35,1	0,45	0,45	0,57	0,57
8	15	20	105	140	0,7	0,7	0,86	0,86
9	9,6	12,3	23,5	140,8	0,88	0,88	0,94	0,94
10	9	4,5	10,5	63	0,7	0,7	0,875	0,875
11	6	31,5	27	108	0,9	0,9	0,825	0,825
12	2	68	16	96	0,96	0,96	0,32	0,32
13	13,5	22,5	31,5	94,5	0,7	0,7	0,58	0,58
14	10,5	10,25	19,5	39	0,65	0,65	0,49	0,49
15	4	36	10,7	32	0,8	0,8	0,64	0,64
16	9	72	36	36	0,8	0,8	0,6	0,6
17	3	11	38	19	0,95	0,95	0,63	0,63
18	6	5	51	51	0,85	0,85	0,91	0,91
19	33	0	21	63	0,56	0,56	-	-
20	1	30	8	0	0,8	-	0,4	-

Задача 2.

Для послідовної реакції $A \rightarrow R \rightarrow S$ необхідно визначити інтегральну та диференційну селективність за продуктом R, вихід цього продукту та загальний ступінь перетворення реагенту A. Через деякий час після початку реакції у реакційній суміші виявили: для реагенту A концентрація складала c_A , концентрація продуктів реакції: c_R та c_S . Співвідношення констант швидкості: k_2/k_1 .

№	$c_A, \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3}$	$c_R, \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3}$	$c_S, \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^3}$	K_2/k_1	Відповідь			
					$\Phi_{R(A)}$	S_R	x_A	S'
1	0,11	0,99	0,21	0,09	0,76	0,83	0,92	0,19
2	0,10	0,73	0,28	0,10	0,66	0,72	0,91	0,27
3	0,22	0,63	0,29	0,30	0,55	0,68	0,81	0,14
4	0,22	0,38	0,52	0,35	0,34	0,42	0,8	0,4
5	0,25	0,59	0,34	0,22	0,5	0,63	0,79	0,49
6	0,35	0,54	0,42	0,28	0,41	0,56	0,73	0,57
7	0,16	0,29	0,41	0,20	0,34	0,41	0,81	0,6375
8	0,58	0,39	0,44	0,21	0,28	0,47	0,59	0,9
9	0,86	0,23	0,18	0,76	0,18	0,56	0,32	0,8
10	0,25	0,56	0,97	0,25	0,31	0,37	0,86	0,44
11	0,47	0,78	0,64	0,38	0,41	0,55	0,75	0,37
12	1,76	0,55	0,21	1,86	0,22	0,72	0,3	0,42
13	1,32	0,37	1,05	1,40	0,14	0,26	0,52	0,61
14	0,27	1,13	0,35	0,21	0,65	0,76	0,85	0,12
15	0,92	0,77	0,63	0,33	0,33	0,55	0,6	0,72
16	0,13	1,48	0,11	0,07	0,86	0,93	0,92	0,20
17	0,38	0,77	0,54	0,32	0,46	0,59	0,78	0,35
18	0,60	0,58	0,19	0,56	0,42	0,75	0,56	0,46
19	0,23	0,55	0,26	0,29	0,53	0,68	0,78	0,31
20	0,28	0,94	0,31	0,26	0,61	0,75	0,82	0,13

РОЗРАХУНКИ ПО КІНЕТИЦІ ПРОСТИХ ТА СКЛАДНИХ ХІМІЧНИХ РЕАКЦІЙ

Для рішення задач за цим розділом слід вивчити теоретичний матеріал [1, с.25-26, 35-44]; [2, с.24-25, 44-72]; [3, с.24-25, 44-72].

Задачі для самостійного рішення

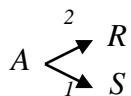
Задача 3.

Скласти кінетичну модель для запропонованих реакцій.

№ вар	Реакції
1	$2A + 3B \rightarrow 3R + S$; $3A \leftrightarrow R + 2S$; $5A + 4B \rightarrow 2R + S \rightarrow 3M$
2	$A + 2B \rightarrow 3R$; $3A + B \leftrightarrow 2R + S$; $2A + 3B \rightarrow R + 3S \rightarrow 2M + P$
3	$3A + 2B \rightarrow R + 2S$; $A + 2B \leftrightarrow 3R$; $A + 3B \rightarrow 3R \rightarrow M + 2P$
4	$4A + 2B \rightarrow 3R$; $3A + 2B \leftrightarrow R + 5S$; $3A + 4B \rightarrow R + 2S \rightarrow 2M + P$
5	$3A + 2B \rightarrow 4R$; $2A + 3B \leftrightarrow R + 4S$; $2A + 4B \rightarrow 3R \rightarrow M + 3P$
6	$3A + B \rightarrow 2R$; $4A \leftrightarrow R + 2S$; $3A + 2B \rightarrow 4S \rightarrow 3M + P$
7	$5A + 2B \rightarrow 3R$; $3A \leftrightarrow 2R$; $3A + 4B \rightarrow R + 2S \rightarrow 2M$
8	$2A + B \rightarrow 4R + S$; $2A + B \leftrightarrow 3R + S$; $2A + 5B \rightarrow 4R \rightarrow 3M$
9	$2A + 4B \rightarrow 4R$; $3A + B \leftrightarrow 3R$; $4A + 2B \rightarrow 5R + S \rightarrow 3M + P$
10	$2A + B + 3D \rightarrow R + 3S$; $2A \leftrightarrow 3R$; $5A + 3B \rightarrow 4R \rightarrow 2M$
11	$3A \rightarrow R + 2S$; $2A + B \leftrightarrow 4R$; $4A + 3B \rightarrow R + 2S \rightarrow M + 2P$
12	$2A + 3B \rightarrow 4R$; $2A \leftrightarrow 3R + S$; $2A + 5B \rightarrow 2R + S \rightarrow 3M + P$
13	$2A \rightarrow 2R + S$; $3A + 4B \leftrightarrow 2R + S$; $4A + B \rightarrow 3R \rightarrow 2M + P$
14	$3A \rightarrow 2R$; $2A + 5B \leftrightarrow 2R + 3S$; $3A + 5B \rightarrow 3R + S \rightarrow 3M + 2P$
15	$5A + 2B \rightarrow 4R$; $A + 2B \leftrightarrow R + 3S$; $3A \rightarrow 2R + S \rightarrow 2P$
16	$2A + 5B \rightarrow 3R$; $2A + 4B \leftrightarrow 3R$; $2A + 5B \rightarrow 2R + S \rightarrow 3M + P$
17	$2A + 4B \rightarrow 3R$; $2A \leftrightarrow 3R$; $4A + 5B \rightarrow 3R + 2S \rightarrow 3M + 2P$
18	$3A + 2B \rightarrow 2R$; $A + B \leftrightarrow 2R$; $5A \rightarrow 2R + 3S \rightarrow 2M + P$
19	$A + 2B \rightarrow 3R$; $2A + B \leftrightarrow 3R$; $4A + B \rightarrow R + 3S \rightarrow 4M$
20	$2A + 3B \rightarrow R + 4R$; $4A \leftrightarrow 2R + 2S$; $5A + B \rightarrow 3R + 2S \rightarrow 3P$

Задача 4.

При ізотермічному проведенні паралельної реакції, що відбувається за схемою:

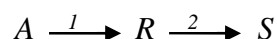


константи швидкості реакції дорівнюють k_1 та k_2 . Розрахувати склад реакційної суміші, інтегральну та диференціальну селективність продуктів R та S через τ хвилин після початку реакції, якщо початкова концентрація реагенту складала c_{A0} .

№	k_1 , хв ⁻¹	k_2 , хв ⁻¹	τ , хв.	c_{A0} , моль/л	Відповідь						
					c_A , моль/л	c_R , моль/л	c_S , моль/л	S_R	S_S	S_R'	S_S'
1	0,175	0,025	10	1,75	0,237	1,324	0,189	0,875	0,125	0,875	0,125
2	0,208	0,093	4	2,96	0,888	1,432	0,640	0,691	0,309	0,691	0,309
3	0,146	0,126	20	3,06	0,013	1,635	1,411	0,537	0,463	0,537	0,463
4	0,038	0,145	15	1,25	0,080	0,243	0,927	0,208	0,792	0,208	0,792
5	0,132	0,280	8	0,98	0,036	0,302	0,641	0,320	0,680	0,320	0,680
6	0,030	0,148	25	1,05	0,012	0,175	0,863	0,169	0,831	0,169	0,831
7	0,123	0,178	13	2,45	0,049	0,981	1,420	0,409	0,591	0,409	0,591
8	0,115	0,097	18	1,05	0,023	0,557	0,470	0,542	0,458	0,542	0,458
9	0,079	0,259	5	1,25	0,231	0,238	0,781	0,234	0,766	0,234	0,766
10	0,156	0,060	8	1,69	0,300	1,004	0,386	0,722	0,278	0,722	0,278
11	0,085	0,175	14	1,1	0,029	0,350	0,721	0,327	0,673	0,327	0,673
12	0,139	0,075	22	1,65	0,015	1,062	0,573	0,650	0,350	0,650	0,350
13	0,062	0,189	6	1,35	0,299	0,260	0,791	0,247	0,753	0,247	0,753
14	0,017	0,197	9	1,59	0,232	0,108	1,250	0,079	0,921	0,079	0,921
15	0,038	0,170	11	1,23	0,125	0,202	0,903	0,183	0,817	0,183	0,817
16	0,131	0,046	17	1,19	0,059	0,837	0,294	0,740	0,260	0,740	0,260
17	0,100	0,112	8	1,38	0,253	0,532	0,595	0,472	0,528	0,472	0,528
18	0,093	0,143	3	1,52	0,749	0,304	0,467	0,394	0,606	0,394	0,606
19	0,164	0,090	13	1,63	0,060	1,014	0,556	0,646	0,354	0,646	0,354
20	0,085	0,113	16	1,52	0,064	0,625	0,831	0,429	0,571	0,429	0,571

Задача 5.

При проведенні послідовної реакції, яка відбувається за схемою:



(цільовий продукт R), константа швидкості першої реакції дорівнює κ_1 , хв^{-1} , співвідношення констант швидкості $\kappa_2:\kappa_1$. Початкова концентрація реагенту A дорівнює c_{A0} . Визначити час досягнення і значення максимальної концентрації цільового продукту R , а також інтегральну селективність цільового продукту R за цих мов. Також визначити ступінь перетворення реагенту A за умов досягнення максим. концентрації продукту R .

№	$\kappa_1, \text{хв}^{-1}$	$\kappa_2:\kappa_1$	$c_{A0}, \text{кмоль/м}^3$	Відповідь			
				$\tau_{max}, \text{хв.}$	$c_{Rmax}, \text{кмоль/м}^3$	x_A	S_R
1	0,013	0,60	2,00	98,2	0,930	0,721	0,644
2	0,057	0,20	1,70	35,3	1,137	0,866	0,772
3	0,046	0,90	1,95	22,9	0,755	0,651	0,595
4	0,091	2,90	1,38	6,2	0,272	0,429	0,459
5	0,079	0,10	1,48	32,4	1,146	0,923	0,839
6	0,023	5,80	1,50	15,9	0,179	0,307	0,390
7	0,095	0,02	1,27	42,0	1,173	0,982	0,941
8	0,063	0,44	1,92	23,3	1,007	0,769	0,682
9	0,078	20,00	1,86	2,0	0,079	0,146	0,293
10	0,029	0,35	1,27	55,7	0,722	0,801	0,709
11	0,036	1,90	1,14	19,8	0,294	0,510	0,506
12	0,051	4,20	1,37	8,8	0,208	0,361	0,421
13	0,065	0,13	1,42	36,1	1,047	0,904	0,815
14	0,022	8,33	1,83	13,1	0,165	0,251	0,358
15	0,240	0,03	1,63	15,1	1,462	0,973	0,922
16	0,044	0,79	1,93	25,5	0,795	0,675	0,611
17	0,082	1,30	2,00	10,7	0,642	0,583	0,550
18	0,099	13,80	1,79	2,1	0,106	0,185	0,318
19	0,087	0,24	1,45	21,6	0,924	0,847	0,752
20	0,250	0,08	1,98	11,0	1,590	0,936	0,858

Задача 6.

Для реакції, яка відбувається за схемою: _____ швидкість розкладання одного з реагентів складає W , моль/(л·с). Необхідно визначити швидкості розкладання інших реагентів та швидкість утворення продуктів реакції.

№	Реакція	Швидкість розкладання реагенту, W , моль/(л·с)	Відповідь, моль/(л·с)				
			W_A	W_B	W_R	W_S	W_D
1	$3A + 2B \rightarrow 4R + 2S + D$	$W_A = 5$	-	3,333	6,667	3,333	1,667
2	$4A + 2B \rightarrow 5R + S + 3D$	$W_B = 3,5$	7	-	8,75	1,75	5,25
3	$5A + 3B \rightarrow 2R + S + 5D$	$W_A = 3$	-	1,8	1,2	0,6	3
4	$3A + 5B \rightarrow R + 4S + 2D$	$W_B = 2,6$	1,56	-	0,52	2,08	1,04
5	$2A + 5B \rightarrow R + 3S + 4D$	$W_A = 4,5$	-	11,25	2,25	6,75	9
6	$A + 6B \rightarrow 2R + 4S + 3D$	$W_B = 1,8$	0,3	-	0,6	1,2	0,9
7	$A + 4B \rightarrow 3R + S + 2D$	$W_A = 2,4$	-	9,6	7,2	2,4	4,8
8	$3A + 6B \rightarrow 4R + 3S + 2D$	$W_B = 2,7$	1,35	-	1,8	1,35	0,9
9	$4A + 3B \rightarrow 5R + 2S + 3D$	$W_A = 1$	-	0,75	1,25	0,5	0,75
10	$5A + 2B \rightarrow 3R + 4S + D$	$W_B = 1,4$	3,5	-	2,1	2,8	0,7
11	$2A + 3B \rightarrow R + 3S + 4D$	$W_A = 3$	-	4,5	1,5	4,5	6
12	$3A + 7B \rightarrow 4R + 5S + 2D$	$W_B = 5,6$	2,4	-	3,2	4	1,6
13	$4A + 2B \rightarrow 3R + S + 5D$	$W_A = 2,6$	-	1,3	1,95	0,65	3,25
14	$A + 4B \rightarrow R + 2S + 3D$	$W_B = 3,6$	0,9	-	0,9	1,8	2,7
15	$4A + 2B \rightarrow 3R + 6S + 5D$	$W_A = 5$	-	2,5	3,75	7,5	6,25
16	$2A + 7B \rightarrow 5R + 3S + 4D$	$W_B = 4,9$	1,4	-	3,5	2,1	2,8
17	$3A + 5B \rightarrow R + 6S + 4D$	$W_A = 2,4$	-	4	0,8	4,8	3,2
18	$7A + 2B \rightarrow 4R + S + 3D$	$W_B = 3,7$	12,95	-	7,4	1,85	5,55
19	$4A + 5B \rightarrow 2R + 6S + 3D$	$W_A = 1,7$	-	2,125	0,85	2,55	12,75
20	$5A + 4B \rightarrow 3R + 7S + 2D$	$W_B = 2,6$	3,25	-	1,95	4,55	1,3

ХІМІЧНА РІВНОВАГА

Для рішення задач за цим розділом слід вивчити теоретичний матеріал [1, с.56-61]; [2, с.28-31, 40-44]; [3, с.28-30, 39-43].

Задачі для самостійного рішення

Задача 7.

Для вказаної оборотної хімічної реакції дати відповідь на питання:

- 1) якщо збільшити температуру, як зміниться константа рівноваги цієї реакції і в який бік зміститься рівновага (в сторону реагентів або в сторону продуктів);
- 2) якщо збільшити тиск, як зміниться константа рівноваги цієї реакції і в який бік зміститься рівновага (в сторону реагентів або в сторону продуктів).

Відповідь обґрунтувати.

№	Оборотна хімічна реакція
1	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ (+Q _p)
2	$\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO} + 3\text{H}_2$ (-Q _p)
3	$\text{CH}_4 + 0.5\text{O}_2 \leftrightarrow \text{CO} + 2\text{H}_2$ (+Q _p)
4	$\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{CO}_2 + 4\text{H}_2$ (-Q _p)
5	$2\text{NO} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO}_2$ (+Q _p)
6	$2\text{CH}_4 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ (-Q _p)
7	$2\text{NH}_3 + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{NH}_2\text{COONH}_4$ (+Q _p)
8	$\text{N}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{NO}$ (-Q _p)
9	$\text{CO} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_3\text{OH}$ (+Q _p)
10	$\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ (-Q _p)
11	$\text{CO} + 3\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (+Q _p)
12	$\text{NH}_4\text{Cl} \leftrightarrow \text{NH}_3 + \text{HCl}$ (-Q _p)
13	$2\text{CO} + 2\text{H}_2 \leftrightarrow \text{CH}_4 + \text{CO}_2$ (+Q _p)
14	$\text{N}_2\text{O}_4 \leftrightarrow 2\text{NO}_2$ (-Q _p)
15	$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{SO}_3$ (+Q _p)
16	$\text{H}_2 + \text{I}_2 \leftrightarrow 2\text{HI}$ (-Q _p)
17	$\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \leftrightarrow 2\text{HCl}$ (+Q _p)
18	$4\text{HCl} + \text{O}_2 \leftrightarrow 2\text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (-Q _p)
19	$\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \leftrightarrow 2\text{NH}_3$ (+Q _p)
20	$2\text{CH}_4 \leftrightarrow \text{C}_2\text{H}_2 + 3\text{H}_2$ (-Q _p)

СКЛАДАННЯ ТА АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Для рішення задач за цим розділом слід вивчити теоретичний матеріал [1, с.]; [2, с.]; [3, с.].

П р и к л а д 3. У процесі синтезу керамічного матеріалу (система Г –Т) час повного перетворення частинок матеріалу склав $\tau_{II} = 2400$ с. Процес протікає у кінетичній області (стадія, що лімітує процес – хімічна реакція). Визначити, яка ступінь перетворення частинок твердого матеріалу буде сягати через час $\tau = 1000$ с. Як зміниться ступінь перетворення, якщо стадією, що лімітує процес, буде зовнішня дифузія?

Рішення

Для зручності запису формалізуємо умови задачі:

Дано:	Скористаємося формулами, які виражають
$\tau_{II} = 2400$ с.	співвідношення між часом τ , яке необхідне для
$\tau = 1000$ с.	досягнення заданого ступеню перетворення твердого
$x_B - ?$	реагенту x_B та часу повного перетворення реагенту τ_{II} .

Для різних стадій, що лімітують процес, ці стадії мають наступний вигляд:

$\frac{\tau}{\tau_{II}} = x_B$ стадія, що лімітує процес – зовнішня дифузія.

$\frac{\tau}{\tau_{II}} = 1 - 3(1 - x_B)^{\frac{2}{3}} + 2(1 - x_B)$ стадія що лімітує - дифузія через шар продукту.

$\frac{\tau}{\tau_{II}} = 1 - (1 - x_B)^{\frac{1}{3}}$ стадія, що лімітує процес – хімічна реакція.

1) Стадія, що лімітує процес – хімічна реакція. Для неї:

$$\frac{\tau}{\tau_{II}} = 1 - (1 - x_B)^{\frac{1}{3}}$$

Звідки:

$$(1 - x_B)^{\frac{1}{3}} = 1 - \frac{\tau}{\tau_{II}}$$

$$(1 - x_B) = \left(1 - \frac{\tau}{\tau_{II}}\right)^3$$

Ступінь перетворення:

$$x_B = 1 - \left(1 - \frac{\tau}{\tau_{II}}\right)^3 = 1 - \left(1 - \frac{1000}{2400}\right)^3 = 0,802$$

2) Стадія, що лімітує процес – зовнішня дифузія. Для неї:

$$x_B = \frac{\tau}{\tau_{II}} = \frac{1000}{2400} = 0,417$$

Відповідь:

- 1) стадія, що лімітує процес, – хімічна реакція: $x_B = 0,802$;
- 2) стадія, що лімітує процес, – зовнішня дифузія: $x_B = 0,417$.

Висновок: якщо стадією, що лімітує процес, буде зовнішня дифузія, ступінь перетворення частинок твердого матеріалу зменшиться.

Задачі для самостійного рішення

Задача 8.

В процесі випалу матеріалу (система Г–Т) час повного перетворення частинок матеріалу склав $\tau_{П}$. Стадією, що лімітує цей процес, є дифузія через шар продукту реакції. Визначити час, за який частинки матеріалу прореагують на x_A , %. Як зміниться цей час, якщо стадією, що лімітує процес, буде: а) хімічна реакція; б) зовнішня дифузія.

№	$\tau_{П}$, сек.	x_A , %	Відповідь		
			$\tau_{П}$, с. диф. прод.	$\tau_{П}$, с. хім. реакція	$\tau_{П}$, с. зовн. диф.
1	4440	65	933	1311	2886
2	2380	76	765	901	1809
3	1520	38	89	224	578
4	2630	91	1519	1451	2393
5	780	33	33	97	257
6	1120	45	96	202	504
7	3600	83	1510	1606	2988
8	2400	79	864	973	1896
9	4500	62	837	1241	2790
10	6200	57	936	1520	3534
11	900	22	16	72	198
12	890	96	649	586	854
13	710	19	9	48	135
14	1200	31	45	140	372
15	1300	59	214	334	767
16	1900	73	545	672	1387
17	5300	85	2401	2484	4505
18	3800	92	2291	2163	3496
19	5600	76	1800	2120	4256
20	2100	81	816	893	1701

Задача 9.

У процесі синтезу керамічного матеріалу (система Г –Т) час повного перетворення частинок матеріалу склав τ_{II} . Процес протікає у кінетичній області (стадія, що лімітує процес – хімічна реакція). Визначити, який ступінь перетворення частинок твердого матеріалу буде сягати через час τ . Як зміниться ступінь перетворення, якщо стадією, що лімітує процес, буде зовнішня дифузія?

№	τ_{II} , сек.	τ , сек.	Відповідь
			x_A , %
1	1220	100	0,08
2	390	260	0,67
3	740	150	0,20
4	1200	300	0,25
5	1350	500	0,37
6	1540	1100	0,71
7	2300	1100	0,48
8	2400	330	0,14
9	2580	1400	0,54
10	3100	1800	0,58
11	470	140	0,30
12	680	600	0,88
13	1000	470	0,47
14	1400	900	0,64
15	1700	1000	0,59
16	1900	560	0,29
17	2600	900	0,35
18	2800	1300	0,46
19	2930	700	0,24
20	3500	620	0,18

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНОГО ОПИСУ ХІМІЧНИХ РЕАКТОРІВ

П р и к л а д 5. Рідкофазна реакція типу $A \rightarrow R$ протікає при $V=const$. Об'ємна витрата реагенту, що подається, складає $v = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. Константа швидкості реакції – $k = 0,002 \text{ сек.}^{-1}$, початкова концентрація реагенту – $c_{A0} = 0,8 \text{ кмоль/м}^3$; ступінь перетворення, що вимагається, – $x_A = 0,75$.

Визначити об'єм реакційного простору у реакторі, що потребується для проведення цієї реакції, за умов протікання її:

- 1) у РІВ;
- 2) у РІЗ.

На підставі отриманих даних провести порівняльний аналіз РІВ та РІЗ за тривалістю перебування реагентів, що необхідна для досягнення однакового ступеню перетворення реагентів.

Рішення.

<p>Дано:</p> <p>$v = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$</p> <p>$c_{A0} = 0,8 \text{ кмоль/м}^3$</p> <p>$x_A = 0,75$</p> <p>$k = 0,002 \text{ сек}^{-1}$</p> <p>$V = const$</p> <hr/> <p>$V_p \text{ (РІЗ)} - ?$</p> <p>$V_p \text{ (РІВ)} - ?$</p>	<p>1) Визначимо кінцеву концентрацію реагенту:</p> $c_A = c_{A0} \cdot (1 - x_A) = 0,8 \cdot (1 - 0,75) = 0,2 \text{ кмоль/м}^3$ <p>2) Розглянемо проведення реакції $A \rightarrow R$ у РІЗ.</p> <p>а) З матеріального балансу визначаємо час реакції.</p> <p>Матеріальний баланс РІЗ при $V=const$:</p>
--	---

$$\frac{c_0 - c}{\tau} = \pm W(c),$$

де «+» для реагентів, «-» для продуктів реакції.

Запишемо матеріальний баланс РІЗ за речовиною А:

$$\frac{c_{A0} - c_A}{\tau} = W_A(c)$$

Швидкість реакції, що розглядається, згідно з ЗДМ складає $k \cdot c_A$. Якщо $v_A = 1$, тоді:

$$\frac{c_{A0} - c_A}{\tau} = k \cdot c_A$$

Звідки час реакції у РІЗ:

$$\tau_{PIZ} = \frac{c_{A0} - c_A}{k \cdot c_A} = \frac{0,8 - 0,2}{0,002 \cdot 0,2} = 1500 \text{ сек.}$$

б) Необхідний об'єм реакційного простору:

$$\tau = \frac{V_p}{v} \quad V_p(PIZ) = \tau \cdot v = 1500 \cdot 0,003 = 4,5 \text{ м}^3$$

3) Розглянемо проведення реакції у РІВ

а) З матеріального балансу визначаємо час реакції.

Матеріальний баланс РІВ при $V=const$:

$$\frac{dc}{d\tau} = \pm W(c),$$

де «+» для продуктів реакції, «-» для реагентів реакції.

Запишемо матеріальний баланс РІВ за речовиною А:

$$\frac{dc_A}{d\tau} = -W_A(c) = -k \cdot c_A$$

$$\int_{c_{A0}}^{c_A} \frac{dc_A}{d\tau} = \int_0^{\tau} -k \cdot c_A$$

$$\ln \frac{c_A}{c_{A0}} = -k \cdot \tau$$

Звідки час реакції у РІВ:

$$\tau_{PIB} = -\frac{1}{k} \cdot \ln \frac{c_A}{c_{A0}} = -\frac{1}{0,002} \cdot \ln \frac{0,2}{0,8} = 693 \text{ сек.}$$

б) Необхідний об'єм реакційного простору:

$$\tau = \frac{V_P}{v} \quad V_P(PIB) = \tau \cdot v = 693 \cdot 0,003 = 2,079 \text{ м}^3$$

Відповідь:

1) для РІЗ: $\tau_{PIЗ} = 1500 \text{ сек.}; V_P(PIЗ) = 4,5 \text{ м}^3$;

2) для РІВ: $\tau_{PIВ} = 693 \text{ сек.}; V_P(PIВ) = 2,079 \text{ м}^3$.

Висновок:

Оскільки для досягнення однакового ступеню перетворення реагенту А отримано $\tau_{PIВ} < \tau_{PIЗ}$, то у даному випадку РІВ більш ефективний за РІЗ.

Задача 10.

Рідкофазна реакція типу $A \rightarrow R$ протікає при $V=const$. Об'ємна витрата реагенту, що подається, складає v . Константа швидкості реакції – k , початкова концентрація реагенту – c_{A0} ; ступінь перетворення, що вимагається, – x_A .

Визначити об'єм реакційного простору у реакторі, що потребується для проведення цієї реакції, за умов протікання її:

3) у РІВ;

4) у РІЗ.

На підставі отриманих даних провести порівняльний аналіз РІВ та РІЗ за тривалістю перебування реагентів, що необхідна для досягнення однакового ступеню перетворення реагентів.

№	$v, \text{м}^3/\text{с}$	$k, \text{с}^{-1}$	c_{A0} кмоль/ м^3	x_A	$\tau_{\text{РІЗ}}, \text{с}$	$\tau_{\text{РІВ}}, \text{с}$	Відповідь	
							$V_p(\text{РІВ}), \text{м}^3$	$V_p(\text{РІЗ}), \text{м}^3$
1	$2,8 \cdot 10^{-3}$	0,0012	1,6	0,81	3553	1384	3,88	9,95
2	$0,7 \cdot 10^{-3}$	0,0186	2,2	0,93	714	143	0,10	0,50
3	$3,2 \cdot 10^{-3}$	0,0079	1,8	0,92	1456	320	1,02	4,66
4	$4,9 \cdot 10^{-3}$	0,0051	2,7	0,94	3072	552	2,70	15,05
5	$5,6 \cdot 10^{-3}$	0,0042	0,9	0,83	1162	422	2,36	6,51
6	$10,1 \cdot 10^{-3}$	0,0049	0,8	0,78	724	309	3,12	7,31
7	$0,8 \cdot 10^{-3}$	0,0165	2,0	0,95	1152	182	0,15	0,92
8	$1,6 \cdot 10^{-3}$	0,0023	1,2	0,75	1304	603	0,96	2,09
9	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,0086	1,5	0,89	941	257	0,31	1,13
10	$0,5 \cdot 10^{-3}$	0,0122	2,3	0,86	504	161	0,08	0,25
11	$2,4 \cdot 10^{-3}$	0,0074	2,4	0,80	541	217	0,52	1,30
12	$3,4 \cdot 10^{-3}$	0,0092	2,8	0,90	978	250	0,85	3,33
13	$4,2 \cdot 10^{-3}$	0,0083	2,98	0,92	1386	304	1,28	5,82
14	$4,8 \cdot 10^{-3}$	0,0061	2,0	0,85	929	311	1,49	4,46
15	$5,1 \cdot 10^{-3}$	0,0051	1,6	0,95	3725	587	3,00	19,00
16	$7,5 \cdot 10^{-3}$	0,0027	1,9	0,88	2716	785	5,89	20,37
17	$6,1 \cdot 10^{-3}$	0,0054	1,2	0,75	556	257	1,57	3,39
18	$5,5 \cdot 10^{-3}$	0,0089	1,5	0,78	398	170	0,94	2,19
19	$6,3 \cdot 10^{-3}$	0,0044	2,11	0,82	1035	390	2,46	6,52
20	$3,9 \cdot 10^{-3}$	0,0019	2,5	0,74	1498	709	2,77	5,84

Задача 11.

Хімічна реакція типу: _____, відбувається в реакторі періодичної дії РІЗ-П. Константа швидкості реакції k , хв^{-1} . Початкова концентрація реагенту А складає c_{A0} (кмоль/м³). Ступінь перетворення реагенту складає x_A . Час завантаження реактора $\tau_{\text{зав.}}$, розвантаження $\tau_{\text{розв.}}$. Скільки циклів роботи реактора можна провести за M діб його роботи? Визначити продуктивність реактора за реагентом А на добу (кмоль/(м³·добу)) та кінцеву концентрацію реагенту.

№	Реакція	k , хв^{-1}	c_{A0} , (кмоль/ м ³)	x_A	$\tau_{\text{зав.}}$	$\tau_{\text{розв.}}$	M	Відповідь		
								Кількість циклів, N	Продуктивн., P , кмоль/(м ³ ·добу),	c_A , (кмоль/ м ³)
1	A→R	0,015	1,65	0,89	0,3	0,8	1	6	1,650	0,182
2	2A→R	0,022	1,15	0,92	0,21	0,25	4	22	0,288	0,092
3	3A→R	0,06	1,16	0,93	0,4	0,3	4	12	0,290	0,081
4	3A→R	0,32	1,09	0,97	0,27	0,3	6	16	0,182	0,033
5	A→R	0,017	1,18	0,98	0,25	0,7	2	10	0,590	0,024
6	2A→R	0,049	1,02	0,98	0,38	0,42	3	8	0,340	0,020
7	3A→R	0,43	1,23	0,98	0,33	0,28	2	4	0,615	0,025
8	2A→R	0,013	1,2	0,71	0,15	0,23	2	28	0,600	0,348
9	A→R	0,011	1,42	0,99	0,2	0,5	3	9	0,473	0,014
10	2A→R	0,07	1,26	0,99	0,35	0,46	5	11	0,252	0,013
11	3A→R	0,58	1,08	0,97	0,45	0,35	3	13	0,360	0,032
12	A→R	0,012	1,23	0,96	0,25	0,45	4	18	0,308	0,049
13	2A→R	0,053	1,17	0,97	0,4	0,42	1	4	1,170	0,035
14	3A→R	0,16	1,38	0,96	0,52	0,43	6	21	0,230	0,055
15	A→R	0,01	1,57	0,97	0,15	0,3	5	19	0,314	0,047
16	2A→R	0,02	1,22	0,96	0,33	0,53	2	5	0,610	0,049
17	3A→R	0,64	1,26	0,98	0,46	0,36	5	15	0,252	0,025
18	A→R	0,019	1,31	0,95	0,1	0,2	3	24	0,437	0,066
19	2A→R	0,058	1,03	0,94	0,43	0,55	4	30	0,258	0,062
20	3A→R	0,23	1,21	0,97	0,44	0,55	8	18	0,151	0,036

Задача 12.

Зворотна хімічна реакція типу: $A + B \leftrightarrow R + S$, відбувається в реакторі безперервної дії РІЗ (реакція відбувається в рідкій фазі). Константа швидкості прямої реакції K^+ , зворотної K^- . Початкова концентрація реагенту А складає c_{A0} , реагенту В c_{B0} . Ступінь перетворення реагенту А дорівнює x_A . Об'єм реакційного пространства реактора V_p . З якою об'ємною витратою ($\text{м}^3/\text{год}$) необхідно подавати суміш реагентів в реактор?

№	K^+ $\text{м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{с})$	K^- $\text{м}^3/(\text{кмоль} \cdot \text{с})$	c_{A0} $\text{кмоль}/\text{м}^3$	c_{B0} $\text{кмоль}/\text{м}^3$	x_A	$V_p, \text{м}^3$	Відповідь $v, \text{м}^3/\text{год}$
1	0,160	0,046	2,1	2,6	0,71	1,2	16,803
2	0,290	0,029	2,0	1,7	0,69	1,5	9,033
3	0,270	0,037	2,0	1,6	0,64	2,0	8,928
4	0,200	0,017	1,9	1,6	0,70	0,9	1,726
5	0,650	0,015	2,1	1,5	0,68	3,0	6,518
6	0,320	0,072	1,6	1,4	0,63	3,5	13,798
7	0,170	0,090	1,0	1,1	0,60	2,5	24,000
8	0,250	0,015	2,2	1,8	0,71	4,0	12,569
9	0,300	0,072	1,7	1,6	0,65	5,0	7,228
10	0,280	0,025	1,8	1,4	0,66	4,6	14,563
11	0,400	0,032	2,4	2,0	0,70	2,7	10,664
12	0,190	0,047	1,5	1,4	0,64	1,8	12,344
13	0,210	0,030	2,4	1,8	0,61	2,2	9,442
14	0,410	0,091	2,5	1,9	0,58	3,3	19,643
15	0,320	0,040	2,6	1,9	0,61	4,7	13,558
16	0,270	0,020	1,9	1,5	0,68	5,5	11,647
17	0,200	0,012	2,7	2,0	0,66	6,0	23,255
18	0,290	0,020	1,8	1,3	0,64	4,2	16,670
19	0,310	0,030	2,5	2,2	0,71	5,0	10,141
20	0,250	0,060	1,9	1,8	0,65	7,0	49,334

Задача 13.

Хімічна реакція типу: _____, відбувається в реакторі безперервної дії РІЗ (реакція відбувається в рідкій фазі). Константа швидкості реакції K . Початкова концентрація реагенту А складає c_{A0} , реагенту В c_{B0} . Ступінь перетворення реагенту В дорівнює x_B . Об'ємна витрата реакційної суміші дорівнює v . Визначити необхідний об'єм реактора V_p (м³).

№	Реакція	K , (м ³) ² / (кмоль ² ·с)	c_{A0} , (кмоль/м ³)	c_{B0} , (кмоль/м ³)	x_B	v , (л/хв.)	Відповідь, м ³
1	A + 2B → продукти	0,020	1,50	2,80	0,86	160	3,53
2	2A + B → продукти	0,032	2,50	1,70	0,96	110	2,36
3	A + 2B → продукти	0,015	1,00	2,00	0,80	200	5,56
4	2A + B → продукти	0,022	2,20	1,50	0,61	90	0,78
5	A + 2B → продукти	0,027	1,20	1,50	0,85	300	4,15
6	2A + B → продукти	0,018	1,40	1,20	0,90	130	1,88
7	A + 2B → продукти	0,012	1,50	2,80	0,87	150	6,79
8	2A + B → продукти	0,031	2,60	1,30	0,85	100	2,00
9	A + 2B → продукти	0,020	1,30	2,40	0,78	220	1,69
10	2A + B → продукти	0,021	2,00	1,50	0,77	110	3,04
11	A + 2B → продукти	0,018	1,70	1,60	0,92	170	7,34
12	2A + B → продукти	0,041	1,90	1,20	0,67	120	1,16
13	A + 2B → продукти	0,023	1,10	2,80	0,70	150	1,26
14	2A + B → продукти	0,033	3,10	1,60	0,84	170	2,66
15	A + 2B → продукти	0,012	1,40	2,30	0,87	210	8,17
16	2A + B → продукти	0,025	2,00	1,30	0,68	240	6,32
17	A + 2B → продукти	0,016	1,20	3,00	0,75	180	5,00
18	2A + B → продукти	0,030	2,70	1,50	0,81	180	5,85
19	A + 2B → продукти	0,027	1,80	3,00	0,92	130	4,58
20	2A + B → продукти	0,020	2,20	1,30	0,70	240	3,23

Задача 14.

Реакція типу: $2A \rightarrow \text{продукти}$, відбувається в реакторі безперервної дії, за умов $V=\text{const}$ (реакція відбувається в рідкій фазі). Об'єм реакційного простору (об'єм реактору) дорівнює V_p (м³). Початкова концентрація реагенту А складає c_{A0} , ступінь перетворення реагенту А дорівнює x_A . Константа швидкості реакції k . З якою об'ємною витратою v (м³/годину.) потрібно подавати реагент, якщо реакція відбувається: 1) в РІВ; 2) в РІЗ? За отриманими даними провести порівняльний аналіз ефективності РІВ та РІЗ за таким показником, як необхідний час перебування реагентів в реакторі, необхідний для досягнення однакового ступеня перетворення реагентів.

№	k , хв ⁻¹	c_{A0} , (кмоль/м ³)	x_A	V_p , м ³	Відповідь	
					РІВ v , м ³ /год.	РІЗ v , м ³ /год.
1	0,25	1,80	0,81	0,6	7,60	1,44
2	0,32	1,10	0,69	1,0	18,98	5,88
3	0,20	1,20	0,70	0,8	9,87	2,96
4	0,06	2,26	0,68	1,4	10,72	3,43
5	0,10	1,95	0,76	0,9	6,65	1,60
6	0,15	2,30	0,69	0,7	13,02	4,04
7	0,10	1,97	0,72	1,2	11,03	3,09
8	0,20	2,10	0,81	0,5	5,91	1,12
9	0,18	1,87	0,66	0,4	8,32	2,83
10	0,21	3,05	0,80	0,5	9,61	1,92
11	0,16	2,20	0,75	1,1	15,49	3,87
12	0,23	1,70	0,81	0,9	9,91	1,88
13	0,19	2,00	0,69	0,6	12,29	3,81
14	0,22	1,50	0,74	1,5	20,87	5,43
15	0,13	1,90	0,65	0,5	7,98	2,79
16	0,25	1,10	0,80	0,7	5,78	1,16
17	0,27	1,15	0,78	0,8	8,41	1,85
18	0,30	0,90	0,67	1,0	15,96	5,27
19	0,15	2,50	0,74	1,0	15,81	4,11
20	0,18	1,26	0,70	0,6	7,00	2,10

ЛІТЕРАТУРА

1. Царева З.М., Орлова Е.И. Теоретические основы химической технологии / З.М. Царева, Е.И. Орлова – К.: Вища школа. Головное издательство, 1986. – 72 с.
2. Царева З.М., ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., Орлова Е.И Основы теории химических реакторов. Компьютерный курс / З.М. Царева, Л.Л. ТОВАЖНЯНСКИЙ, Е.И. Орлова – Харьков, ХГПУ. М., Высшая школа., 1997. – 624с.
3. Царьова З.М., ТОВАЖНЯНСЬКИЙ Л.Л., Орлова Є.І. Основи теорії хімічних реакторів. Комп'ютерний курс / З.М. Царьова, Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКИЙ, Є.І. Орлова – Харків. НТУ «ХП», 2002., – 615с.

ЗМІСТ

Вступ

Розрахунок показників ефективності проведення хімічних реакцій

Розрахунки по кінетиці простих та складних хімічних реакцій

Хімічна рівновага

Складання та аналіз математичного опису хімічних процесів

Аналіз математичного опису хімічних реакторів

література

Навчальне видання

**Контрольні задачі
та Методичні вказівки**
для самостійної роботи за курсом «Загальна хімічна технологія»
для студентів хімічних спеціальностей
усіх форм навчання

Українською мовою

Укладачі: БИКАНОВ Сергій Миколайович
ПОНОМАРЕНКО Ганна Володимирівна

Відповідальний за випуск

Роботу до друку рекомендував

В авторській редакції

План 2017 р., п. 32

Підписано до друку 14.06.2017 р. Формат 60х90 1/16. Папір офсетний.
Riso-друк . Гарнітура Times. Умовн. друк. арк. 1,2. Обл.-вид. арк.. 1,1.
Наклад 100 прим. Зам. № 146. Ціна договірна.

Самостійне електронне видання